

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. G. Hegemann)

Untersuchungen zur Verbesserung des Nachweises von postoperativen Lungenatelektasen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Heinz Hilmar Muth
aus Nürnberg

1976

1977 # 17

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
der Universität Erlangen - Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. G. Hegemann)

Untersuchungen zur Verbesserung des Nachweises von postoperativen Lungenatelektasen

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
dem Fachbereich Medizin
der Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen - Nürnberg

vorgelegt von
Heinz Hilmar Muth
aus Nürnberg

Gedruckt mit Erlaubnis des Fachbereichs Medizin
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. E. Rügheimer

Referent: Priv.-Doz. Dr. E. Mühe

Korreferent: Prof. Dr. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Dezember 1976

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG	1
II. KLASSISCHE ANTIKEN	2
1. Pindar	3
2. Sophokles	4
3. Euripides	5
4. Aristophanes	6
5. Platon	7
6. Aristoteles	8
7. Seneca	9
8. Cicero	10
9. Livius	11
10. Tacitus	12
11. Suetonius	13
12. Cassiodorus	14
13. Boetius	15
14. Cassianus	16
15. Hieronymus	17
16. Augustinus	18
17. Gregor von Nazianz	19
18. Gregor von Nyssa	20
19. Basilides	21
20. Chrysostomus	22
21. Ambrosius	23
22. Hieronymus	24
23. Augustinus	25
24. Gregor von Tours	26
25. Bede	27
26. Alcuin	28
27. Regino	29
28. Otton	30
29. Bruno	31
30. Hildegard	32
31. Mechthild	33
32. Margarete	34
33. Hildegard	35
34. Mechthild	36
35. Margarete	37
36. Hildegard	38
37. Mechthild	39
38. Margarete	40
39. Hildegard	41
40. Mechthild	42
41. Margarete	43
42. Hildegard	44
43. Mechthild	45
44. Margarete	46
45. Hildegard	47
46. Mechthild	48
47. Margarete	49
48. Hildegard	50
49. Mechthild	51
50. Margarete	52
51. Hildegard	53
52. Mechthild	54
53. Margarete	55
54. Hildegard	56
55. Mechthild	57
56. Margarete	58
57. Hildegard	59
58. Mechthild	60
59. Margarete	61
60. Hildegard	62
61. Mechthild	63
62. Margarete	64
63. Hildegard	65
64. Mechthild	66
65. Margarete	67
66. Hildegard	68
67. Mechthild	69
68. Margarete	70
69. Hildegard	71
70. Mechthild	72
71. Margarete	73
72. Hildegard	74
73. Mechthild	75
74. Margarete	76
75. Hildegard	77
76. Mechthild	78
77. Margarete	79
78. Hildegard	80
79. Mechthild	81
80. Margarete	82
81. Hildegard	83
82. Mechthild	84
83. Margarete	85
84. Hildegard	86
85. Mechthild	87
86. Margarete	88
87. Hildegard	89
88. Mechthild	90
89. Margarete	91
90. Hildegard	92
91. Mechthild	93
92. Margarete	94
93. Hildegard	95
94. Mechthild	96
95. Margarete	97
96. Hildegard	98
97. Mechthild	99
98. Margarete	100
99. Hildegard	101
100. Mechthild	102
101. Margarete	103
102. Hildegard	104
103. Mechthild	105
104. Margarete	106
105. Hildegard	107
106. Mechthild	108
107. Margarete	109
108. Hildegard	110
109. Mechthild	111
110. Margarete	112
111. Hildegard	113
112. Mechthild	114
113. Margarete	115
114. Hildegard	116
115. Mechthild	117
116. Margarete	118
117. Hildegard	119
118. Mechthild	120
119. Margarete	121
120. Hildegard	122
121. Mechthild	123
122. Margarete	124
123. Hildegard	125
124. Mechthild	126
125. Margarete	127
126. Hildegard	128
127. Mechthild	129
128. Margarete	130
129. Hildegard	131
130. Mechthild	132
131. Margarete	133
132. Hildegard	134
133. Mechthild	135
134. Margarete	136
135. Hildegard	137
136. Mechthild	138
137. Margarete	139
138. Hildegard	140
139. Mechthild	141
140. Margarete	142
141. Hildegard	143
142. Mechthild	144
143. Margarete	145
144. Hildegard	146
145. Mechthild	147
146. Margarete	148
147. Hildegard	149
148. Mechthild	150
149. Margarete	151
150. Hildegard	152
151. Mechthild	153
152. Margarete	154
153. Hildegard	155
154. Mechthild	156
155. Margarete	157
156. Hildegard	158
157. Mechthild	159
158. Margarete	160
159. Hildegard	161
160. Mechthild	162
161. Margarete	163
162. Hildegard	164
163. Mechthild	165
164. Margarete	166
165. Hildegard	167
166. Mechthild	168
167. Margarete	169
168. Hildegard	170
169. Mechthild	171
170. Margarete	172
171. Hildegard	173
172. Mechthild	174
173. Margarete	175
174. Hildegard	176
175. Mechthild	177
176. Margarete	178
177. Hildegard	179
178. Mechthild	180
179. Margarete	181
180. Hildegard	182
181. Mechthild	183
182. Margarete	184
183. Hildegard	185
184. Mechthild	186
185. Margarete	187
186. Hildegard	188
187. Mechthild	189
188. Margarete	190
189. Hildegard	191
190. Mechthild	192
191. Margarete	193
192. Hildegard	194
193. Mechthild	195
194. Margarete	196
195. Hildegard	197
196. Mechthild	198
197. Margarete	199
198. Hildegard	200
199. Mechthild	201
200. Margarete	202
201. Hildegard	203
202. Mechthild	204
203. Margarete	205
204. Hildegard	206
205. Mechthild	207
206. Margarete	208
207. Hildegard	209
208. Mechthild	210
209. Margarete	211
210. Hildegard	212
211. Mechthild	213
212. Margarete	214
213. Hildegard	215
214. Mechthild	216
215. Margarete	217
216. Hildegard	218
217. Mechthild	219
218. Margarete	220
219. Hildegard	221
220. Mechthild	222
221. Margarete	223
222. Hildegard	224
223. Mechthild	225
224. Margarete	226
225. Hildegard	227
226. Mechthild	228
227. Margarete	229
228. Hildegard	230
229. Mechthild	231
230. Margarete	232
231. Hildegard	233
232. Mechthild	234
233. Margarete	235
234. Hildegard	236
235. Mechthild	237
236. Margarete	238
237. Hildegard	239
238. Mechthild	240
239. Margarete	241
240. Hildegard	242
241. Mechthild	243
242. Margarete	244
243. Hildegard	245
244. Mechthild	246
245. Margarete	247
246. Hildegard	248
247. Mechthild	249
248. Margarete	250
249. Hildegard	251
250. Mechthild	252
251. Margarete	253
252. Hildegard	254
253. Mechthild	255
254. Margarete	256
255. Hildegard	257
256. Mechthild	258
257. Margarete	259
258. Hildegard	260
259. Mechthild	261
260. Margarete	262
261. Hildegard	263
262. Mechthild	264
263. Margarete	265
264. Hildegard	266
265. Mechthild	267
266. Margarete	268
267. Hildegard	269
268. Mechthild	270
269. Margarete	271
270. Hildegard	272
271. Mechthild	273
272. Margarete	274
273. Hildegard	275
274. Mechthild	276
275. Margarete	277
276. Hildegard	278
277. Mechthild	279
278. Margarete	280
279. Hildegard	281
280. Mechthild	282
281. Margarete	283
282. Hildegard	284
283. Mechthild	285
284. Margarete	286
285. Hildegard	287
286. Mechthild	288
287. Margarete	289
288. Hildegard	290
289. Mechthild	291
290. Margarete	292
291. Hildegard	293
292. Mechthild	294
293. Margarete	295
294. Hildegard	296
295. Mechthild	297
296. Margarete	298
297. Hildegard	299
298. Mechthild	300
299. Margarete	301
300. Hildegard	302
301. Mechthild	303
302. Margarete	304
303. Hildegard	305
304. Mechthild	306
305. Margarete	307
306. Hildegard	308
307. Mechthild	309
308. Margarete	310
309. Hildegard	311
310. Mechthild	312
311. Margarete	313
312. Hildegard	314
313. Mechthild	315
314. Margarete	316
315. Hildegard	317
316. Mechthild	318
317. Margarete	319
318. Hildegard	320
319. Mechthild	321
320. Margarete	322
321. Hildegard	323
322. Mechthild	324
323. Margarete	325
324. Hildegard	326
325. Mechthild	327
326. Margarete	328
327. Hildegard	329
328. Mechthild	330
329. Margarete	331
330. Hildegard	332
331. Mechthild	333
332. Margarete	334
333. Hildegard	335
334. Mechthild	336
335. Margarete	337
336. Hildegard	338
337. Mechthild	339
338. Margarete	340
339. Hildegard	341
340. Mechthild	342
341. Margarete	343
342. Hildegard	344
343. Mechthild	345
344. Margarete	346
345. Hildegard	347
346. Mechthild	348
347. Margarete	349
348. Hildegard	350
349. Mechthild	351
350. Margarete	352
351. Hildegard	353
352. Mechthild	354
353. Margarete	355
354. Hildegard	356
355. Mechthild	357
356. Margarete	358
357. Hildegard	359
358. Mechthild	360
359. Margarete	361
360. Hildegard	362
361. Mechthild	363
362. Margarete	364
363. Hildegard	365
364. Mechthild	366
365. Margarete	367
366. Hildegard	368
367. Mechthild	369
368. Margarete	370
369. Hildegard	371
370. Mechthild	372
371. Margarete	373
372. Hildegard	374
373. Mechthild	375
374. Margarete	376
375. Hildegard	377
376. Mechthild	378
377. Margarete	379
378. Hildegard	380
379. Mechthild	381
380. Margarete	382
381. Hildegard	383
382. Mechthild	384
383. Margarete	385
384. Hildegard	386
385. Mechthild	387
386. Margarete	388
387. Hildegard	389
388. Mechthild	390
389. Margarete	391
390. Hildegard	392
391. Mechthild	393
392. Margarete	394
393. Hildegard	395
394. Mechthild	396
395. Margarete	397
396. Hildegard	398
397. Mechthild	399
398. Margarete	400
399. Hildegard	401
400. Mechthild	402
401. Margarete	403
402. Hildegard	404
403. Mechthild	405
404. Margarete	406
405. Hildegard	407
406. Mechthild	408
407. Margarete	409
408. Hildegard	410
409. Mechthild	411
410. Margarete	412
411. Hildegard	413
412. Mechthild	414
413. Margarete	415
414. Hildegard	416
415. Mechthild	417
416. Margarete	418
417. Hildegard	419
418. Mechthild	420
419. Margarete	421
420. Hildegard	422
421. Mechthild	423
422. Margarete	424
423. Hildegard	425
424. Mechthild	426
425. Margarete	427
426. Hildegard	428
427. Mechthild	429
428. Margarete	430
429. Hildegard	431
430. Mechthild	432

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	3
1. Patientengut	3
2. Methoden	3
Röntgenaufnahme des Thorax	3
Klinische Untersuchung	5
Blutgasanalyse	5
Lungenperfusionsszintigramm	5
Getrennte integrale Impuls- auszählung des Lungenszinti- gramms mittels eigener Methode	8
Impulsauszählung eines Kopf- szintigramms	11
Cardiopulmonogramm	12
Spritzen-Kopf-Quotient	16
III. ERGEBNISSE	18
1. Normales Lungenszintigramm und getrennte Impulsauszählung	18
2. Impulsraten beim Kopfszintigramm	22
3. Cardiopulmonogramm	23
4. Spritzen-Kopf-Quotient	23
5. Kasuistik	25
IV. DISKUSSION	43
V. ZUSAMMENFASSUNG	47
VI. LITERATURVERZEICHNIS	50
VII. LEBENSLAUF	56

I. Einleitung

Die postoperative und posttraumatische Lungenatelektase stellt eine gefährliche Komplikation in der chirurgischen Intensivüberwachung dar.

Trotz großer Fortschritte bei den prophylaktischen Maßnahmen wie Atemgymnastik, Atmen mit Totraumvergrößerern oder medikamentös mit Mukolytika lassen sich gewisse Komponenten nur schwer ausschalten. Diese betreffen die Mitarbeit des Patienten, der vor allem nach Oberbauchoperationen infolge des Wundschmerzes nur vermindert durchatmet und somit die Schleimpfropfbildung in Bronchien und Bronchiolen begünstigt. Ventilationsstörungen sind nach allen Laparotomien festzustellen.

Bis heute wird die Diagnose nur mit Hilfe der Röntgen-Thoraxaufnahme und klinischer Methoden wie Auskultation und Perkussion gestellt. Um hiermit erfaßt werden zu können, müssen Atelektasen aber bereits eine Größe erreicht haben, die für den Patienten gefährlich sein kann.

Unser besonderes Interesse galt nun einer verfeinerten Methode, der Lungenperfusionsszintigraphie, Lungenatelektasen darzustellen.

Mit Hilfe einer selbst konstruierten Apparatur vermochten wir den Informationsgehalt der beiden Lungenhälften szintigraphisch getrennt auszuwerten. Dies geschah stets im Ver-

gleich zu den üblichen Untersuchungsmethoden wie Thorax-Röntgenbild und Blutgasanalyse.

Bei der Bearbeitung dieses Themas drängte sich die Frage nach dem Gefäßmechanismus bei der Entstehung der Atelektase auf.

Mittels dreier verschiedener, parallel laufender Untersuchungsmethoden bemühten wir uns herauszufinden, ob der Drosselungsmechanismus nach Euler-Liljestrand oder ein Shunt-Mechanismus bei Atelektasen im Vordergrund steht.

Als geeignete Methode erschien uns wiederum die Lungenperfusionsszintigraphie, indem wir versuchten, die radioaktiven Partikel nachzuweisen, welche die Lunge über Shunts passieren konnten.

Dies geschah im Einzelnen:

- a) durch integrale Impulsauszahlung eines Kopfszintigrammes als Parameter für die Aktivität, die das Kapillargebiet der Lunge passieren konnte,
- b) durch Aufzeichnung des Aktivitätseinstromes im rechten Herzen und in der Lunge in Form eines Cardipulmonogrammes,
- c) durch integrale Impulsauszahlung pro Minute über dem Kapillargebiet des Gehirns in Relation zu der injizierten Impulsrate.

II. Eigene Untersuchungen

1. Patientengut

Das untersuchte Kollektiv bestand aus sechsundzwanzig Patienten der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen. Bei allen war röntgenologisch eine Lungenatelektase nachgewiesen worden. Neben der Diagnose wurden die Anamnese, die praeoperative Lungenfunktion, die Blutgasanalyse und die Art des operativen Eingriffes berücksichtigt (Tabelle 1).

Bei acht Patienten wurde die Untersuchung nach frühestens einer Woche zur Kontrolle wiederholt.

Die Untersuchten waren zwischen acht und siebenundsechzig Jahre alt. Achtzehn waren Männer, acht Frauen. Die durchgeführten Eingriffe verteilten sich folgendermaßen:

12 Oberbauchoperationen

3 abdomino-thorakale Eingriffe

9 thorakale Eingriffe

2 sonstige

2. Methoden

Röntgenaufnahme des Thorax

Eine Röntgen-Thoraxaufnahme vom gleichen Tage wurde herangezogen, in der sich eine für Atelektasen typische milchglasartige Verschattung zeigte. Außerdem konnten hiermit die anatomischen Verhältnisse wie Herzgröße und Zwerchfellstand erkannt werden.

Patient Nr.	Alter	Geschlecht	Art der Operation
1	54 J.	männl.	Witzel-Fistel
2	62 J.	weibl.	Tumorresektion am Herzen
3	67 J.	weibl.	Cholezystektomie
4	64 J.	männl.	Gastrektomie
5	25 J.	männl.	Thorakotomie nach Stichverletzung
6	50 J.	männl.	Totale Magenresektion
7	66 J.	männl.	Ösophagusresektion
8	50 J.	männl.	Umwandlung von Billroth II in Billroth I
9	63 J.	weibl.	Ösophagus-Cardiaresektion
10	67 J.	weibl.	Fundektomie des Magens
11	49 J.	weibl.	Gastrektomie
12	30 J.	männl.	Pankreasschwanzresektion
13	46 J.	männl.	Doppelklappenersatz des Herzens
14	44 J.	weibl.	Choledochoduodenostomie
15	8 J.	männl.	Laparotomie wegen Ileus
16	66 J.	männl.	Thorakotomie links
17	22 J.	weibl.	Aspiration bei Entbindung
18	59 J.	männl.	Thorakotomie links
19	35 J.	männl.	Aortenklappenersatz
20	50 J.	männl.	Thorakotomie rechts
21	62 J.	männl.	Rippenserienfraktur links
22	51 J.	männl.	Operation nach Vineberg
23		männl.	Thorakotomie links
24	57 J.	weibl.	Gallengangsrevision
25	16 J.	männl.	Pericarditis tuberculosa
26	34 J.	männl.	Laparotomie wegen Ileus

Tabelle 1: Untersuchte Patienten. Aufstellung nach Alter, Geschlecht und Art des operativen Eingriffes. Es wurden achtzehn Männer und acht Frauen untersucht. Das Lebensalter war zwischen acht und siebenundsechzig Jahren gestreut. Das mittlere Lebensalter lag bei 46 Jahren. Unter den operativen Eingriffen fanden sich zwölf Oberbauchoperationen, drei abdomino-thorakale Eingriffe und neun thorakale Eingriffe.

Klinische Untersuchung

Der Patient wurde genauestens auskultatorisch und perkutorisch untersucht. Außerdem wurde die Körpertemperatur registriert.

Blutgasanalyse

Eine Blutprobe zur Bestimmung der Blutgase wurde abgenommen. Bestimmt wurde der pO_2 in mmHg und der pCO_2 in mmHg. Diese Werte dienten lediglich als grobe Orientierung über den Gasaustausch.

Lungenperfusionsszintigramm

Bei unserer Methode verwendeten wir ^{131}I -Jod-Albumin-Makropartikel der Farbwerke Hoechst.

Diese Partikel haben einen Durchmesser von fünf bis sieben μ . Der Mittelwert liegt zwischen fünfzehn und zwanzig μ . Abbildung 1 zeigt solche Teilchen in der Thoma-Zählkammer.



Abbildung 1:
Albumin-Partikel zur
Lungenperfusionsszintigraphie
in der Thoma-Zählkammer

Die Größenverteilung der Partikel entspricht in etwa der einer Maxwell-Verteilung. Ein solches Größenspektrum ist in Abbildung 2 gezeigt.

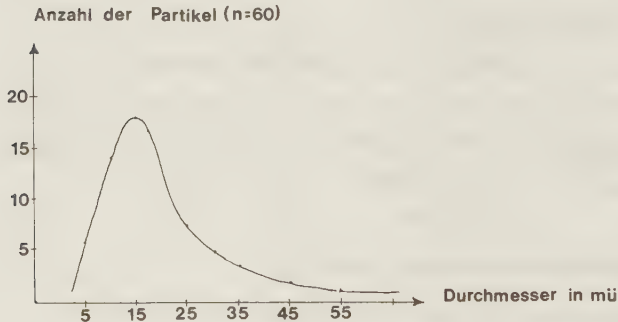


Abbildung 2: Größenspektrum der Albuminpartikel wie sie zur Perfusionsszintigraphie verwendet werden.

Das verwendete Radionukleotid ist ein Gammastrahler mit einer physikalischen Halbwertszeit von 8,05 Tagen. Die Partikel befinden sich als Suspension in einer physiologischen Kochsalzlösung und müssen vor dem Injizieren sorgfältig aufgeschüttelt werden. Die gebräuchliche Dosis für ein Lungenszintigramm von 150 bis 300 micro Ci entspricht etwa einer Menge von zwei bis drei Milligramm Eiweiß. Bei dieser Dosierung sind noch nie allergische Reaktionen bekannt geworden.

Um eine Akkumulation von ¹³¹Jod in der Schilddrüse zu vermeiden, mußte diese vorher durch orale Gabe von 0,5 Gramm Lugolscher Lösung blockiert werden. Die Makroalbuminpartikel wurden dem Probanden bei normaler Atmung in eine Cubitalvene injiziert. Für Routineuntersuchungen läßt man dazu den Probanden auf dem Rücken liegen bei tiefer Respiration, da in dieser Lage eine gleichmäßige Verteilung der Partikel in der Lunge zustande kommt. Andere Körperhaltungen wie Stehen sind dann zu bevorzugen, wenn besonders die basalen Lungenanteile von diagnostischem Interesse sind, da diese dann infolge Hypostase besser durchblutet sind.

Ehe die Teilchen die Lunge erreichen, kommt es im rechten Herzen zu einer gründlichen Durchmischung, so daß ihre Konzentration im Lungengewebe proportional zur Lungendurchblutung gesehen werden kann.

In den Arteriolen und Kapillaren der Lunge bleiben je nach Größe zwischen siebenzig und neunzig Prozent der Partikel als Mikroembolie stecken. Damit ist der Perfusionszustand der Lunge zum Zeitpunkt der Injektion im Szintigramm fixiert.

Der Rest der Partikel zirkuliert frei im Blut. Von insgesamt 280 Billionen Kapillaren werden nur 20 Millionen durch eine übliche Dosis verschlossen.

Mit dieser Technik wurde ein Lungenszintigramm geschrieben. Das verwendete Gerät war ein Siemens Scintimat II mit 5-Zoll Kristall. Der Bleikollimator V fokussierte auf einen Abstand von 13 cm in Thoraxmitte.

Die Dosis des injizierten Makroalbumins betrug in der Regel zweihundert mikro Ci. Die Apparateparameter wie Scangegeschwindigkeit oder Dämpfung wurden nach Möglichkeit konstant gehalten.

Bei allen Messungen wurde vorher die Nullaktivität bestimmt und von den Meßwerten in Abzug gebracht.

Dies geschah besonders bei Patienten, die vorher schon einmal szintigraphiert wurden.

Getrennte integrale Impulsauszahlung des Lungenszintigramms mit einer eigenen Methode

Während das Szintigramm aufgezeichnet wurde, wurden die Impulse, die von der rechten und der linken Lunge ausgingen, getrennt integral ausgezählt.

Hierzu konstruierten wir einen Impulsgeber, der die Gesamtimpulse einer jeden Zeile und jeder Lungenseite auf einen Zähler übermittelte. Das Schaltelement stellte ein Bürstenkontakt aus feinen Kupferdrähten dar, der am Schreibkopf des Szintimats genau in Höhe des Stichels (der die Farbstriche auf das Papier druckt) angebracht war. Über das Szintigrammpapier spannten wir nach vorheriger Prüfung der Impulsmaxima ein feines Aluminiumband zwischen die Felder, auf welchen die Lungenflügel

dargestellt wurden, also im Bereich des Mediastinums.
Wenn der Schreibkopf von einer Lungenseite auf die andere überwechselte, kamen diese Elemente in Kontakt und schlossen einen Stromkreis. Dieser elektrische Impuls war das Signal für einen Drucker, die Impulszahlen auszuschreiben. Diese gewannen wir durch Kopplung des elektronischen Ausgangs des Szintillators mit einem Digitalzähler eines Siemens-Probenwechslers.
Um die Gesamtpulse einer Lungenseite zu erhalten, mußten lediglich die Impulse der entsprechenden Zeilen addiert werden (Abbildung 3).

Die Impulse der rechten Lungenseite I_{re}
und die Impulse der linken Lungenseite I_{li}
lassen sich in Prozent der Gesamtpulse I_{ges}
ausdrücken. Setzt man beide zueinander in das Verhältnis, so erhält man den Wert der Impulsratenverteilung (IRV).

$$IRV = I_{re} / I_{li}$$

Diese ist repräsentativ für die Durchblutungsverteilung der Lunge unter folgender Voraussetzung: Wenn die Druckdifferenz zwischen Arteria pulmonalis und linkem Vorhof konstant bleibt, wird die differente Durchblutungsgröße des pulmonalen Strombettes allein durch unterschiedlichen Querschnitt geregelt.

Querschnittszunahme bewirkt verstärkte Partikelfixation und Zunahme der Impulsrate.

Dies trifft nicht zu, wenn in der Lunge arterio-venöse Kurzschlüsse vorhanden sind, deren Durchmesser größer als der Partikeldurchmesser sind.

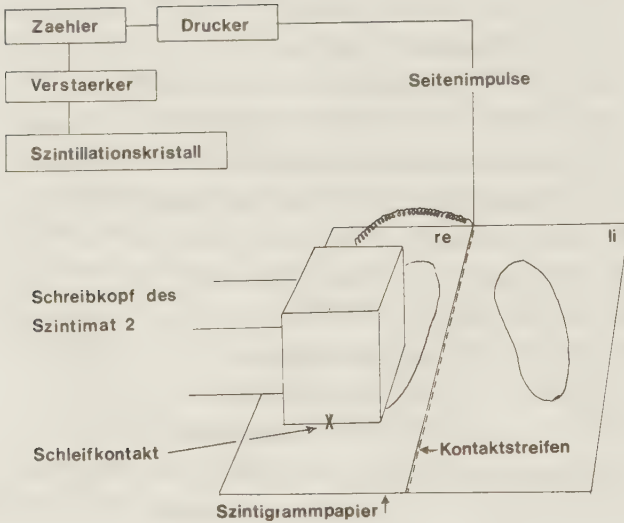


Abbildung 3:

Halbschematische Darstellung der getrennten Impulsauswertung des Szintigramms. Gezeigt sind Schleifkontakt und Kontaktfolie auf dem Schreibkopf beziehungsweise dem Szintigrammpapier. Bei Berührung der beiden gelangt ein elektrisches Mittelliniensignal zum Drucker.

Impulsauszahlung eines Kopfszintigramms

Bei den folgenden Untersuchungen beschäftigten wir uns mit der Frage nach dem Gefäßmechanismus bei Lungenatelektasen. Im Szintigramm zeigt sich zwar eine Partikelfixationsminderung am Ort der Atelektase, wodurch diese aber entsteht, kann nicht beantwortet werden.

Zwei Mechanismen stehen in Diskussion:

- a) Fixationsminderung, bedingt durch Gefäßkonstriktion im Sinne des alveolo-vaskulären Reflexes, den Euler und Lilijestrand beschrieben haben,
- b) Fixationsminderung durch Eröffnung bereits angelegter intrapulmonaler arterio-venöser Gefäßkurzschlüsse, welche die radioaktiven Albuminpartikel vor dem atelektatischen Gebiet umleiten.

Unter der Annahme arteriovenöser Verbindungen, deren Lumen größer ist als der Partikeldurchmesser des Makro-Albumins, können diese Partikel die Lunge passieren und werden in allen übrigen Kapillarfiltern des Körpers festgehalten. Einer dieser Filter ist das Kapillargebiet des Gehirns.

Deshalb wurde nach Applikation der Makroalbuminpartikel bei fünf Patienten neben dem Lungenszintigramm ein Kopfszintigramm angefertigt, dessen Impulsrate nach der oben beschriebenen Methode ausgezählt wurde. Die Messungen wurden frühestens nach einer Woche wiederholt. Die Szintigrammbegrenzungen wurden genormt,

wobei in strenger anterior-posterior-Lage am Scheitel begonnen wurde und nach caudal bis zum Oberrand der Cartilago thyreoidea geschrieben wurde. Die lateralen Begrenzungen lagen jeweils dreizehn Zentimeter von der Mittellinie entfernt. Somit wurden alle vom Kopf ausgehenden Impulse erfaßt und die unter Umständen von vorhergehenden Untersuchungen noch strahlende Schilddrüse ausgespart. Zur Ermittlung der Nullaktivität wurde auch in diesem Falle vor Applikation der Partikel ein Leerszintigramm ausgezählt und diese Werte in Abzug gebracht.

Das Cardiopulmonogramm

Bei zwölf Patienten setzten wir die bei Feine und Kazem beschriebene Methode des Cardiopulmonogramms ein (20).

Hierbei wird mit einem Doppelkanalschreiber der zeitliche Verlauf des Aktivitätseinstromes über dem Herzen und über dem atelektatischen Gebiet der Lunge aufgezeichnet. Die Meßköpfe des Szintillationszählers mit eng fokussierenden Kollimatoren (2/A) wurden vor der Injektion der radioaktiven Makroalbuminpartikel bei liegendem Patienten mit Hilfe des Röntgen-Thoraxbildes über dem Herzen und der Lunge plaziert. Der

Zeitpunkt der Injektion wurde auf der Kurve vermerkt (Abbildung 4).

Typische Kurvenverläufe sind zu erwarten.

a) Im Normalfall

Die intravenös injizierten Albuminpartikel strömen in die rechte Herzkammer ein und gelangen von dort in die Lunge, wo sie größtenteils festgehalten werden. Im Kurvenverlauf muß sich folglich über dem Herzen ein einfacher Gipfel und über der Lunge ein Anstieg mit Plateaubildung zeigen (Abbildung 5).

b) Intrapulmonale Gefäßkurzschlüsse

Bei intrapulmonalen Shunts gelangt ein Teil der Partikel in die linke Herzkammer und verursacht dementsprechend in der Herzkurve einen zweiten, etwas kleineren Gipfel.

Ein solcher Doppelgipfel ist ein eindeutiger Nachweis für Gefäßkurzschlüsse zum Beispiel bei Lungenatelektasen.

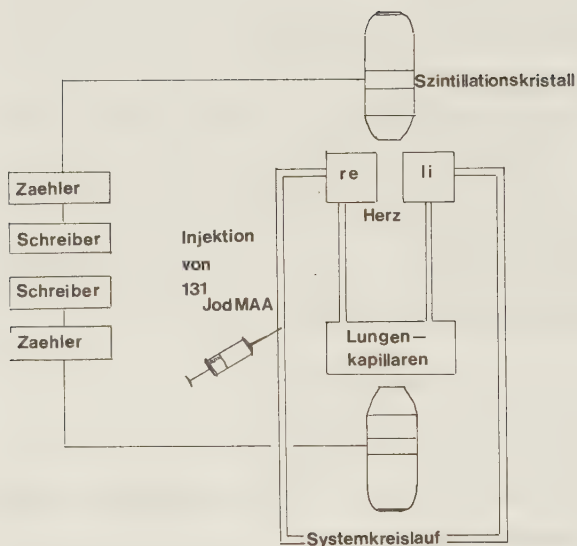


Abbildung 4:

Halbschematische Darstellung des Cardiopulmonogramms. Je ein Szintillationsmeßkopf befindet sich über dem Herzen beziehungsweise der Lunge. Sie sind getrennt an je einen Impulszähler und einen Schreiber gekoppelt. Die radioaktiven Partikel gelangen vom venösen Kreislauf in das rechte Herz und von dort in die Lunge. Im Falle eines Shunts gelangt ein Teil der Partikel in das linke Herz. Der Aktivitätsverlauf wird zeitlich registriert.

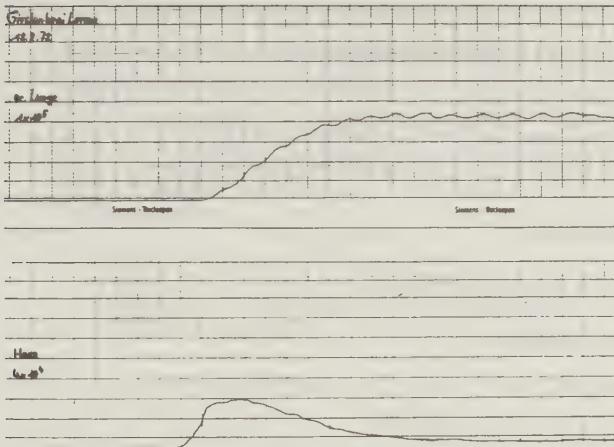


Abbildung 5:

Normales Cardiopulmonogramm. Die obere Kurve zeigt den Aktivitätseinstrom in der Lunge mit anschließender Plateaubildung, verursacht durch die in der Lunge festgehaltenen Partikel. In der unteren Kurve ist der Aktivitätseinstrom und -ausstrom über dem Herzen in Form eines einfachen Gipfels gezeigt. Der wellenförmige Verlauf kam durch Atemüberlagerungen des Patienten zustande.

Der Spritzen-Kopf-Quotient

Bei acht Patienten zählten wir in dreizehn Fällen nach der Injektion der Albuminpartikel für die Zeitdauer von einer Minute die Impulse der Teilchen, die das Kapillargebiet der Lunge passieren konnten und in den Hirnkapillaren abgefiltert wurden, aus.

Der Parameter

$$I_{\text{Kopf}} \quad / \quad \text{Minute}$$

wurde in Relation gebracht

zu dem Parameter

$$I_{\text{Spritze}} \quad / \quad \text{Minute}$$

der Auskunft gibt über die Aktivität des Spritzeninhaltes vor der Injektion.

Der Quotient Q

$$Q = \frac{I_{\text{Spritze/Minute}}}{I_{\text{Kopf}} \quad / \quad \text{Minute}}$$

ist als Ausdruck für die extrapulmonale Aktivität zu werten.

Da der Anteil der Makroalbuminpartikel mit einem Durchmesser kleiner als der mittlere Kapillardurchmesser als konstant zu betrachten ist, gibt der Wert Auskunft über die in der Lunge kurzgeschlossene Aktivität.

Wir bedienten uns wiederum des Siemens-Nucleopan-Gerätes. Die Spritze mit der zu injizierenden Aktivität wurde mittels einer Halteschiene vor dem Szintillationsmeßkopf in einem konstanten Abstand befestigt. Anschließend wurden die ausgehenden Impulse für die Dauer einer Minute gemessen. Nach der Injektion wurde der Meßkopf so am Kopfe des Patienten angelegt, daß der Kollimatorunterrand die Nasenwurzel berührte (Abbildung 6). So erhielten wir eine relativ konstante Meßgeometrie. Wiederum wurden die Impulse für eine Minute ausgezählt.

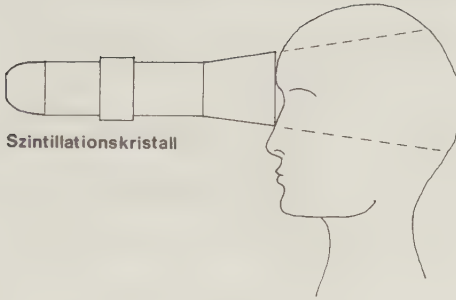


Abbildung 6:

Ansetzen des Szintillationsmeßkopfes zur Bestimmung
des Spritzen-Kopf-Quotienten. Der Unterrand des
Kollimators sitzt auf der Nasenwurzel auf.

III. Ergebnisse

1. Normales Lungenszintigramm und Impulsratenverteilung

Die Lungenatelektase bewirkte im Perfusionsszintigramm eine Verminderung der Partikelfixation.

Lobäre oder segmentale Atelektasen zeigten meist einen dem Röntgenbild gleichenden Ausfall, lobuläre Atelektasen oder Plattenatelektasen stellten sich als diffuse Fixationsminderungen über dem betroffenen Gebiet dar.

Bei der angewandten Technik wurden Aktivitätsdifferenzen nur dann sichtbar, wenn sie mehr als 10 % betrugen.

Andererseits reicht unter Berücksichtigung des Hagen-Poissevilleschen Gesetzes schon eine Querschnittsverminderung des lokalen Gefäßsystems um drei Prozent aus, um eine beginnende Fixationsstörung hervorzurufen.

Die Ergebnisse des Befundvergleiches zwischen Röntgenbild und Szintigramm sind in Tabelle 2 zusammengefaßt: In nur 69 Prozent deckten sich die Fixationsausfälle im Szintigramm mit den röntgenologischen Befunden (Abbildung 9 a und 9 b).

In drei Fällen waren bei Kontrolluntersuchungen szintigraphisch noch deutliche Ausfälle zu erkennen, wo sich die röntgenologischen Befunde zumindest verringert hatten (Abbildungen 10 a - e).

Bei drei Patienten fanden sich szintigraphisch ausgedehntere Befunde als sie röntgenologisch nachweisbar waren. Auffällig war, daß es sich hierbei stets um größere Befunde handelte (Abbildungen 11 a, b).

Patient Nr.	Atelektasendiagnose		gleicher Befund	unterschiedl. Befund
	im Röntgen- bild	im Szinti- gramm		
1	re. UL + re. Spitze	re UL	-	+
2	re. ML	re. ML+OL	-	+
3	re. UL	re. UL	+	-
4	re. Lunge	re. Lunge	+	-
5	re. ML	re. Lunge	-	+
6	re. UL	re. UL	+	-
7a	re. Lunge	re. basal	-	+
7b	normal	normal	+	-
8a	beids.basal	beids.basal	+	-
8b	normal	re. Lunge	-	+
9a	re. basal	re. basal	+	-
9b	re. ML	re. Lunge	-	+
10a	re. basal	re. basal	+	-
10 b	re. Hilus	normal	-	+
11	re. basal	normal	-	+
12a	li. Lunge	li. Lunge	+	-
12 b	normal	normal	+	-
13a	re. basal	normal	-	+
13b	normal	normal	+	-
14	re. UL+ML	re. Lunge	-	+
15	re. UL+ML	re. UL+ML	+	-
16	li. Lunge	li. Lunge	+	-
17a	re. + li. basal	li. basal	-	+
17b	normal	li. basal	-	+
18	Lingula	Lingula	+	-
19	re. basal	normal	-	+
20	re. ML	li.lateral	-	+
21	li. Lunge	li. Lunge	+	-
22	re. UL	normal	-	+
23	li. OL	li. OL	+	-
24	re. UL+ML	re. UL+ML	+	-
25	re. ML + li. UL	re. ML + li. UL	+	-
26a	re. basal	re. Lunge	-	+
26b	normal	normal	+	-

Tabelle 2: Lokalisation der Atelektasenfunde im Röntgenbild und Szintigramm. Man erkennt, daß sich in 18 Fällen die Befunde deckten, in 16 Fällen dagegen nicht.
(UL = Unterlappen, ML = Mittellappen, OL = Oberlappen)

Bei lobulären Atelektasen oder bei Plattenatelektasen fanden sich im Szintigramm meist geringere Ausfälle als das Röntgenbild erwarten ließ (Abbildungen 8 a, b). Es ist anzunehmen, daß das relativ geringe Auflösungsvermögen der Bleioptik und die respiratorische Unschärfe die Ursachen waren. Letztere kommt durch die Atembewegungen des Patienten zustande und ist von dessen Atemfrequenz und der Aufzeichnungsgeschwindigkeit abhängig.

Auffällig waren die Verschiebungen der

Impulsratenverteilung IRV

zu Gunsten der gesunden Lungen Seite (Tabelle 3).

Der Normalwert der IRV liegt bei $I_{re} : I_{li} = 1,26$

Dies entspricht einer Aktivitätsverteilung von

rechts : links = 57 : 43,

gemessen an Normalpersonen in Rückenlage. Der Wert ist nur bei normal großem Herzen signifikant, da dieses sonst eine zu große Strahlenabschirmung bewirkt.

Eine Zahl größer als 1,26 weist auf eine Perfusionsminderung in der linken Lunge hin, eine Zahl kleiner als 1,26 auf eine Perfusionsminderung in der rechten Lunge.

Selbst bei Fällen, wo in einer Zweituntersuchung weder im Szintigramm noch im Röntgenbild auffällige Befunde zu erheben waren, zeigte die IRV noch solche Verschiebungen an (Patient 12 a,b).

Das Lungenszintigramm besitzt bei postoperativen Lungenatelektasen, besonders bei solchen geringerer Ausdehnung, keinen höheren Aussagewert als die Röntgenaufnahme. Wohl aber ist die Messung der Impulsratenverteilung als ein genauer Indikator für die pulmonale Durchblutungsverteilung zu werten.

Pat.Nr.	Dosis	Imp.ges.	Imp.re.	Imp.li.	re:li=IRV
1	200	95927	41546	54357	0,764
2	200	92114	54546	37568	1,452
3	200	59108	33991	25117	1,353
4	200	90448	27337	63111	0,433
5	200	90212	38646	51566	0,7
6	200	60049	31635	28414	1,113
7a	200	92552	53010	39542	1,341
7b	200	94456	52183	42273	1,235
8a	200	47373	24616	22757	1,081
8b	200	34540	12952	21588	0,599
9a	200	49725	24284	25441	0,945
9b	200	23162	9211	13951	0,66
10a	200	18844	13618	15226	0,894
10b	200	32738	14772	17966	0,82
11	200	35325	22667	12658	1,79
12a	200	67823	53072	14751	3,359
12b	200	68392	43352	25040	1,73
13a	200	69092	42312	25780	1,641
13b	200	75215	44950	30265	1,485
14	200	-	-	-	-
15	50	-	-	-	-
16	200	93598	65549	28049	2,336
17a	200	84347	42684	41663	1,124
17b	180	52058	29330	22728	1,290
18	200	88372	46564	41808	1,11
19	200	-	-	-	-
20	300	-	-	-	-
21	150	-	-	-	-
22a	300	-	-	-	-
22b	200	-	-	-	-
23	200	110456	72339	38117	1,899
24	300	-	-	-	-
25	150	-	-	-	-
26	200	-	-	-	-

Tabelle 3: Aufstellung der pro Proband injizierten Dosis radioaktiven ¹³¹Jod in mikro Curie, der Einzelimpulse, die über der rechten und linken Lungenseite gemessen wurden und deren Quotient, der der Impulsratenverteilung IRV entspricht. Der Normalwert der IRV beträgt 1,26.

2. Impulsraten beim Kopfszintigramm

Die bei einem Kopfszintigramm gemessene Aktivität ist ein Ausdruck für die in der Lunge kurzgeschlossenen, strahlenden Partikel. Wir berechneten jeweils die Impulse der Lunge und die des Kopfes in Prozent der Gesamtimpulse. Bei den Kontrolluntersuchungen war bis auf einen Fall ein deutlicher Rückgang der im Kopfszintigramm gemessenen Aktivität zu verzeichnen gegenüber dem Werte bei noch bestehender Atelektase. Daraus ergibt sich folgender Schluß:

Wenn bei der Rückbildung einer Atelektase eine verminderte extrapulmonale Aktivität festzustellen ist, so ist anzunehmen, daß bei Lungenatelektasen das Blut über intrapulmonale Kurzschlüsse umgeleitet wird.

Diese Aussage kann allerdings nicht mit statistischer Signifikanz getroffen werden, da hierfür die Patientenzahl zu gering ist.

Probant Nr.	Gesamtimpulse Lunge + Kopf	Impulse Lunge in %	Kopf in %
9 a	51834	96	4
9b	23871	97	2,97
10 a	30168	95,6	4,4
10 b	33927	96,5	3,5
11	36400	97	2,95
12 a	68899	98,43	1,56
12 b	69326	98,65	1,347
13 a	70526	97,96	2,03
13 b	69493	91,2	8,8

Tabelle 4: Aufstellung der Impulse, die über der Lunge und über dem Kopf gemessen wurden in Prozent der Gesamtimpulse. Man erkennt einen deutlichen Rückgang der Impulsanteile des Kopfes bei Zweitmessung. Dies bedeutet einen Rückgang der extrapulmonalen Aktivität zu Gunsten der Lunge.

3. Das Cardiopulmonogramm

Bei der Aufzeichnung des Cardiopulmonogramms konnte in keinem unserer Fälle ein Doppelgipfel nachgewiesen werden.

Auch Feine erhielt nur in vereinzelten Fällen einen solchen Kurvenverlauf (5).

Er wertete sein Ergebnis als Argument für einen Drosselungsmechanismus nach Euler und Liljestrand, der bei allen Ventilationsstörungen auftreten soll. Bei unseren Messungen ist jedoch zu berücksichtigen, daß die verwendeten Apparaturen zu ungenau sind, um bei kleineren Atelektasen eine eindeutige Aussage zuzulassen.

4. Der Spritzen-Kopf-Quotient

Bei der Bestimmung des Spritzen-Kopf-Quotienten wäre zu erwarten gewesen, daß die Größe des szintigraphischen Speicherdefektes und damit die Verschiebung der Impulsratenverteilung sich in der Verhältniszahl Q niederschlägt.

Eine Zunahme der Abweichung vom Normwert der Impulsratenverteilung mußte eine Abnahme von Q nach sich ziehen.

Wie aus der Tabelle 5 zu ersehen ist, sind die Werte zu sehr gestreut, um eine Aussage treffen zu können.

Patient Nr.	IRV	Q	$\pm IRV - 1,26 $
1	0,764	86,64	0,496
2	1,452	129,38	0,192
4	0,433	104,87	0,827
6	1,113	73,99	0,147
7 a	1,341	83,04	0,081
7 b	1,235	42,36	0,025
8 a	1,081	85,67	0,179
8 b	0,599	119,37	0,661
16	2,336	111,36	1,076
23	1,899	24,37	0,639

Tabelle 5: Vergleich des Spritzen-Kopf-Quotienten (Q) mit der Abweichung der Impulsratenverteilung vom Normwert ($IRV - 1,26$), welcher ein Ausdruck für die Größe des szintigraphischen Befundes ist.

Man erkennt keine Relation zwischen beiden Werten. Ein hoher Q-Wert hätte eine entsprechende Verkleinerung der Impulsratennormwertabweichung nach sich ziehen müssen und umgekehrt.

5. Kasuistik

Der vierunddreißigjährige Patient H. G. wurde wegen eines Bridenileus laparotomiert. Am dritten postoperativen Tag entwickelte sich eine Lungenatelektase rechts basal. Die Diagnose wurde röntgenologisch gestellt (Abbildung 7 a).

Im Szintigramm zeigte sich eine Partikelfixationsminderung der gesamten rechten Lunge, besonders aber der basalen Anteile. Die linke Lunge erschien entsprechend stärker durchblutet (Abbildung 7 b).

Nach entsprechender Inhalationstherapie und Atemgymnastik mit dem Totraumvergrößerer löste sich die Atelektase bald.

Ein nach dreizehn Tagen angefertigtes Kontrollszintigramm zeigte eine weitgehende Normalisierung der Lungendurchblutung (Abbildung 7 c).

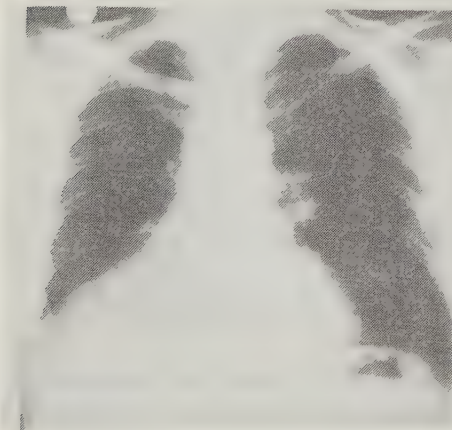


Abbildung 7 a:

Die Atelektase im rechten Unterlappen zeigt sich im Röntgenbild als milchglasartige Verschattung.



Abbildung 7 b: Im Lungenszintigramm zeigt sich eine Partikelfixationsminderung der gesamten rechten Lunge.



Abbildung 7 c: Das Kontrollszintigramm nach dreizehn Tagen ergibt eine ausgeglichene Partikelfixation ohne Defekte. Die Atelektase hat sich vollständig gelöst.

Herr L. G., sechsundvierzig Jahre alt, wurde wegen Aortenklappendehiszenz und Mitralinsuffizienz operiert. Bei den postoperativen Routine-Röntgenaufnahmen des Thorax stellte sich eine lobäre und eine Plattenatelektase rechts basal dar (Abbildung 8 a).

Wir fertigten ein Lungenszintigramm an, wo sich aber der Befund nur unsicher darstellen ließ.

Die Verdrängung der linken Lunge kommt durch die ausgeprägte Cardiomegalie zustande (Abbildung 8 b).

Entsprechend ist die Impulsratenverteilung rechts zu links
 $IRV = 1,641 = 61,24 : 37,31$

deutlich nach rechts verschoben, so daß sie für die Atelektase ohne Aussagekraft ist.

Die Blutgasanalyse war mit einem $pCO_2 = 33$ mmHg und $pO_2 = 40$ mmHg und $CO_2 = 23,9$ mval/l schwer pathologisch. Im Cardiopulmonogramm konnten wir keinen Doppelgipfel nachweisen (Abbildung 8 c).

Nach bereits vier Tagen hatte sich bei diesem Patienten die Atelektase gelöst (Abbildung 8 d). Das Röntgenbild zeigte lediglich noch eine Winkelverschattung rechts basal. Im Kontrollszintigramm hatte sich die Durchblutung mehr ausgeglichen (Abbildung 8 e).

Dieser Befund wird durch die Impulsratenverteilung
 $IVR = \text{rechts zu links} = 59,7 = 40,24 = 1,485$ bestätigt. Ebenfalls gebessert hatten sich die Blutgaswerte:
 $pCO_2 = 29$ mmHg, $pO_2 = 72$ mmHg, $CO_2 = 22,8$ mval/l.

Im Kontroll-Cardiopulmonogramm konnte auch diesmal kein Shunt nachgewiesen werden (Abbildung 8 f).

Die in beiden Lungenszintigrammen auffallende "mottenfraßartige" Struktur läßt auf eine pulmonale Hypertonie schließen.

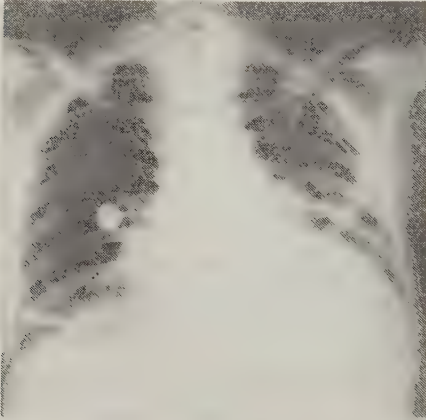


Abbildung 8 a:

Milchglasartige Verschattung im rechten Unterlappen und Plattenatektase rechts basal

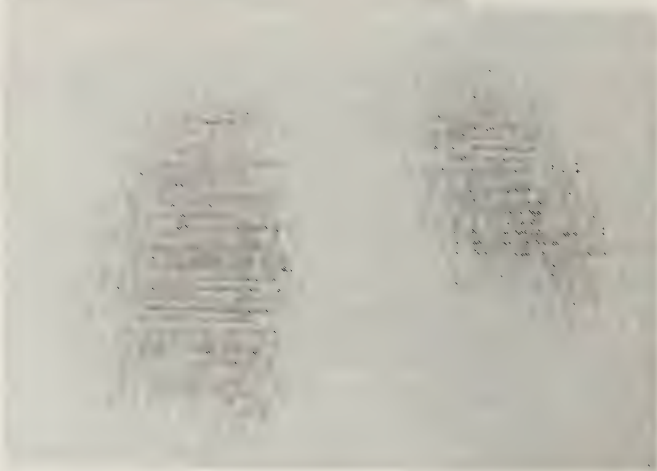


Abbildung 8 b: Das entsprechende Szintigramm zeigt nur einen sehr vagen Befund. Die Verdrängung der linken Lunge kommt durch die Cardiomegalie zustande.

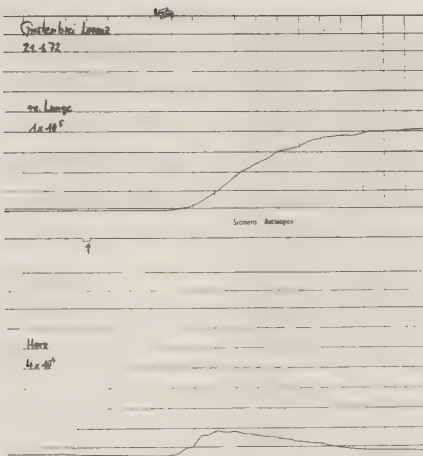


Abbildung 8 c: Cardiopulmonogramm, das bei Bestehen der Atelektase aufgezeichnet wurde. Es ist kein Doppelgipfel feststellbar, der auf einen intrapulmonalen Shunt hinweist.

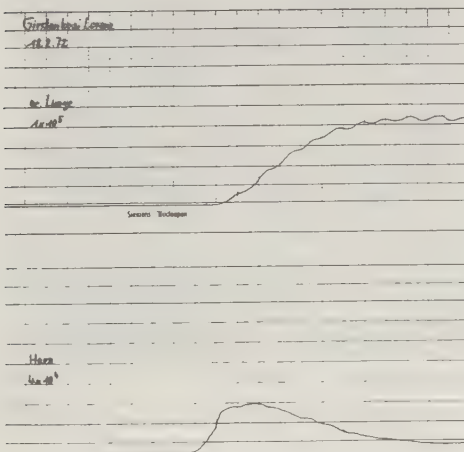


Abbildung 8 f: Kontrollcardiopulmonogramm nach drei Wochen. Auch diesmal ist kein Doppelgipfel zu sehen. Die Wellenlinie kommt durch Dyspnoe des Patienten zustande.

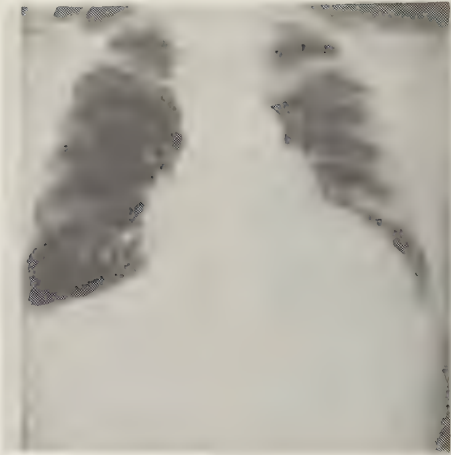


Abbildung 8 d:
Die Atelektase
hat sich gelöst.
Kleine Winkel-
verschattung
rechts basal



Abbildung 8 e: Gleichmäßigere Durchblutungsverteilung.
Mottenfraßähnliche Speicherung. Impulsratenverteilung
rechts zu links wie 59,7 : 40,24

Der vierundsechzigjährige Patient J. H. mußte sich einer Cardiaresektion unterziehen. Am vierten postoperativen Tag zeigte sich in der Röntgenaufnahme des Thorax eine Verschattung der gesamten rechten Lunge mit Zwerchfellochstand rechts (Abbildung 9 a).

Die praeoperativ durchgeführte Lungenfunktionsprüfung hatte eine mittelgradige kombinierte Ventilationsstörung ergeben.

Im Szintigramm fand sich eine fast vollständige Perfusionsstörung rechts und eine mittelgradige Durchblutungsminde- rung im linken Oberlappen (Abbildung 9 b).

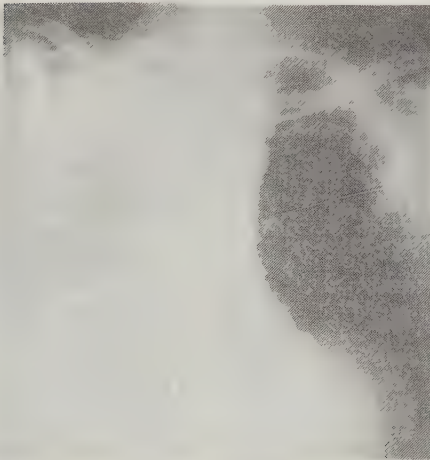


Abbildung 9 a:
Vollständige Ver-
schattung der
rechten Lunge
mit Zwerchfell-
hochstand rechts

Entsprechend war die Impulsratenverteilung von rechts nach links verschoben: $IRV = \text{rechts} : \text{links} = 30,22 : 69,77 = 0,433$.

Die Blutgaswerte waren Überraschend wenig pathologisch:

$pCO_2 = 33,5 \text{ mmHg}$, $pO_2 = 67 \text{ mmHg}$, $CO_2 = 33,9 \text{ mval/l}$.

Überraschend war auch das Cardiopulmonogramm mit völlig normalem Kurvenverlauf (Abbildung 9 c).

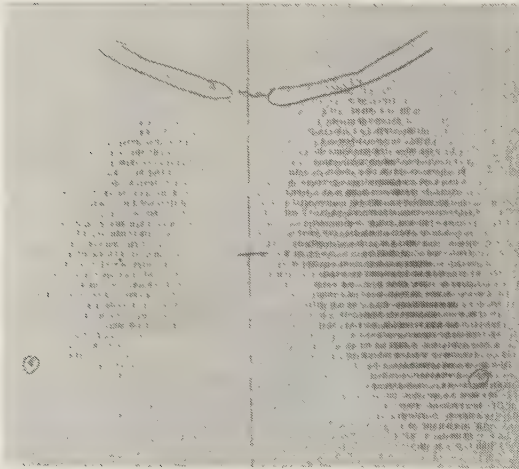


Abbildung 9 b:
Entsprechend dem Röntgenbild zeigt sich im Szintigramm ein fast vollständiger Ausfall der Durchblutung rechts. IVR = 30,22 : 69,77

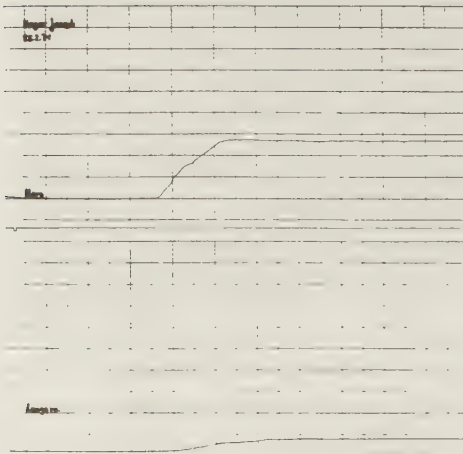


Abbildung 9 c:
Überraschenderweise normales Cardiopulmonogramm ohne Doppelpipfel

Im folgenden Fall mußte bei dem fünfzigjährigen Patienten M. E. mit einer Billroth II-Magenresektion wegen eines Afferent-Loop-Syndroms eine Umwandlung in eine Billroth I-Resektion durchgeführt werden.

Postoperativ fanden wir im Röntgenbild des Thorax neben einem Zwerchfellhochstand und Pleuraerguß beidseits zahlreiche Lappchenatelektasen links und rechts (Abbildung 10 a).

Im Szintigramm fanden wir eine Fixationsminderung rechts basal und im linken Obergeschoß (Abbildung 10 b).

Die Impulsratenverteilung

$IVR = \text{rechts} : \text{links} = 52 : 48 = 1,081$

deckte auf, daß die linke Lunge schlechter perfundiert war als die rechte Seite.

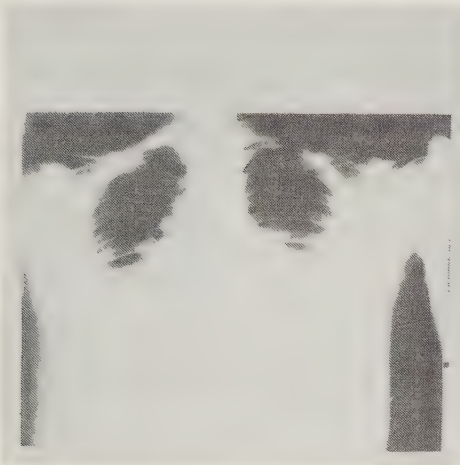


Abbildung 10 a:
Thorax-Röntgen-
bild mit Zwerch-
fellhochstand
beidseits und
Lappchenatelektasen
beidseits

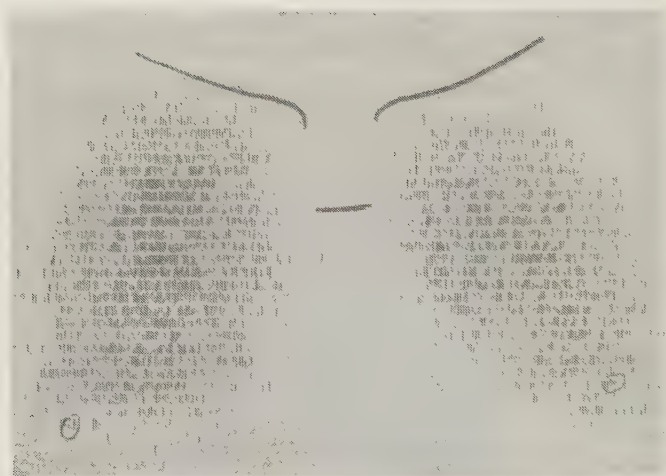


Abbildung 10 b: Das entsprechende Szintigramm mit Fixationsminderung rechts basal und im linken Obergeschoß

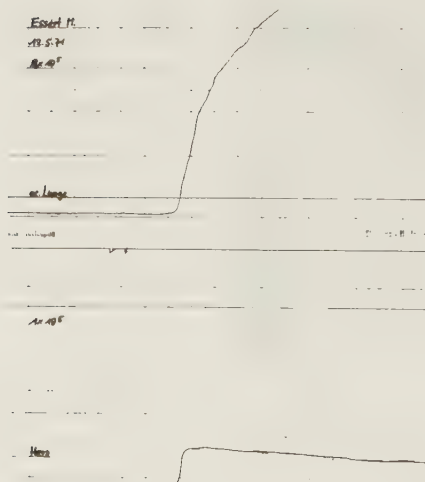


Abbildung 10 c:
Im Cardiopulmonogramm kein Hinweis für einen intra-pulmonalen Shunt

Die Blutgasanalyse zeigte nur geringe Abweichungen von den Normwerten: $p\text{CO}_2 = 27 \text{ mmHg}$, $p\text{O}_2 = 60 \text{ mmHg}$, $\text{CO}_2 = 21,6 \text{ mval/l}$.

Im Cardiopulmonogramm ergab sich kein Hinweis für einen intrapulmonalen Gefäßkurzschluß (Abbildung 10 c).

Die praeoperative Lungenfunktionsprüfung war normal.

Nach dreizehn Tagen, nachdem sich das Röntgenbild fast vollständig normalisiert hatte, wiederholten wir die Untersuchungen. In der Röntgenaufnahme war noch ein Winkelerguß links basal zu sehen (Abbildung 10 d).

Im Szintigramm war eine auffällige Fixationsminderung der gesamten rechten Lunge zu sehen (Abbildung 10 e).

Die Impulsratenverteilung bestätigte wiederum diesen Befund mit $\text{IVR} = \text{rechts} : \text{links} = 37,5 : 62,5 = 0,599$.

Da die Werte der Blutgasanalyse nun im Normbereich lagen ($p\text{CO}_2 = 30 \text{ mmHg}$, $p\text{O}_2 = 84 \text{ mmHg}$, $\text{CO}_2 = 21 \text{ mval/l}$), ist anzunehmen, daß die linke Lunge respiratorisch die rechte Seite voll kompensierte.



Abbildung 10 d:
Nach dreizehn Tagen
weitgehend normales
Röntgenbild der
Lunge. Erguß links
basal

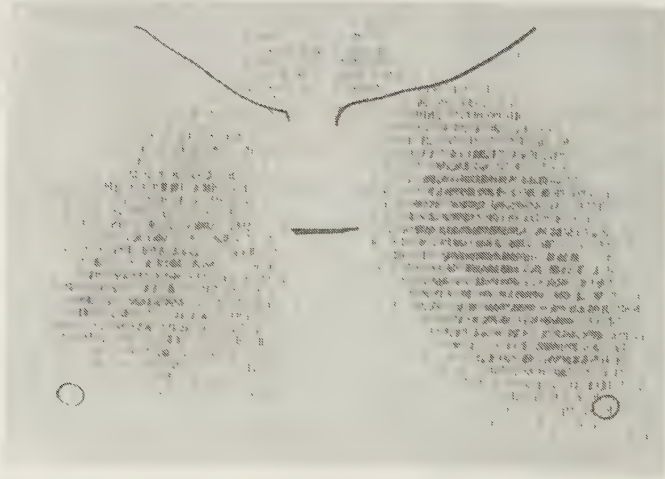


Abbildung 10 e: Das entsprechende Szintigramm mit einer
deutlichen Fixationsminderung der gesamten rechten Lunge.

IRV = rechts : links = 37,5 : 62,5 = 0,599

Die zweiundsechzigjährige Patientin C. H. wurde wegen eines gutartigen Tumors am Vorhof des Herzens operiert. Am dritten postoperativen Tag kam es zu einer Lungenatelektase des rechten Mittellappens. Die Diagnose wurde anhand einer Routine-Thoraxröntgenaufnahme gestellt (Abbildung 11 a).

Die praeoperative Lungenfunktionsprüfung hatte lediglich eine leichte obstruktive Ventilationsstörung ergeben. Im Gegensatz zu dem Befund im Röntgenbild zeigte sich im Szintigramm eine erhebliche Fixationsminderung im gesamten Mittel- und Oberlappenbereich rechts (Abbildung 11 b).

In der Blutgasanalyse war die Sauerstoffsättigung reduziert: $p\text{CO}_2 = 37,5 \text{ mmHg}$, $p\text{O}_2 = 56 \text{ mmHg}$, $\text{CO}_2 = 29,1 \text{ mval/l}$.

Die Impulsratenverteilung

$\text{IRV} = \text{rechts} : \text{links} = 55 : 45 = 1,452$

zeigt jedoch an, daß der gesunde Anteil der betroffenen Lungenseite den Perfusionsmangel weitgehend wieder ausgleicht.



Abbildung 11 a:
Im Röntgenbild
deutliche, milch-
glasartige Trübung
im Mittellappen
der rechten Lunge

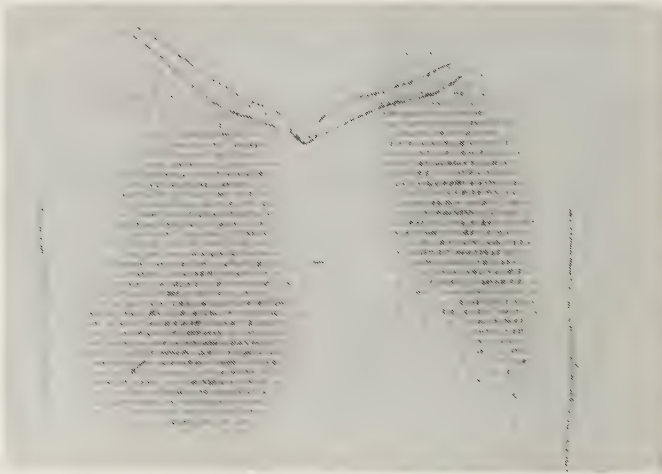


Abbildung 11 b: Im entsprechenden Lungenzintigramm
Fixationsminderung im Bereich des Mittel- und Oberlappens
rechts. $IRV = \text{rechts} : \text{links} = 55 : 45 = 1,452$

Die dreiundsechzigjährige Patientin T. R. wurde wegen eines tiefsitzenden Ösophagustumors operiert. Es wurde eine Magenfundusresektion unter Mitnahme des distalen Ösophagus durchgeführt.

Die praeoperative Lungenfunktionsprüfung zeigte eine reduzierte In- und Expiration.

Postoperativ fand sich im Röntgenbild eine Atelektase im rechten Unterlappen (Abbildung 12 a).

Die im Szintigramm sichtbare Fixationsminderung deckt sich mit dem röntgenologischen Befund (Abbildung 12 b).

Erwartungsgemäß war die Impulsratenverteilung

IRV = rechts : links = 48,8 : 51,15 = 0,945

linksseitenbetont.

In der Blutgasanalyse fanden sich ebenfalls entsprechende Werte: $p\text{CO}_2 = 36,5 \text{ mmHg}$, $p\text{O}_2 = 64 \text{ mmHg}$, $\text{CO}_2 = 29,1 \text{ mval/l}$.

Das Cardiopulmonogramm gab keinen Hinweis auf einen intrapulmonalen Gefäßkurzschluß (Abbildung 12 c).

Zehn Tage später fanden wir bei einer Kontrolluntersuchung im Röntgenbild eine ausgeprägte Mittellappenatelektase rechts mit einem Erguß rechts basal. Die Atelektase im rechten Unterlappen hatte sich gelöst (Abbildung 12 d).

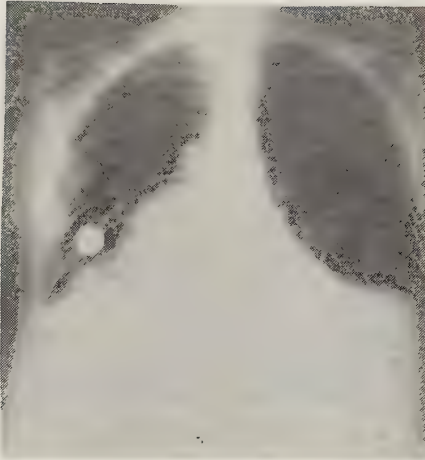


Abbildung 12 a:
Für eine Atelektase
typische Verschattung
im rechten Unter-
lappen

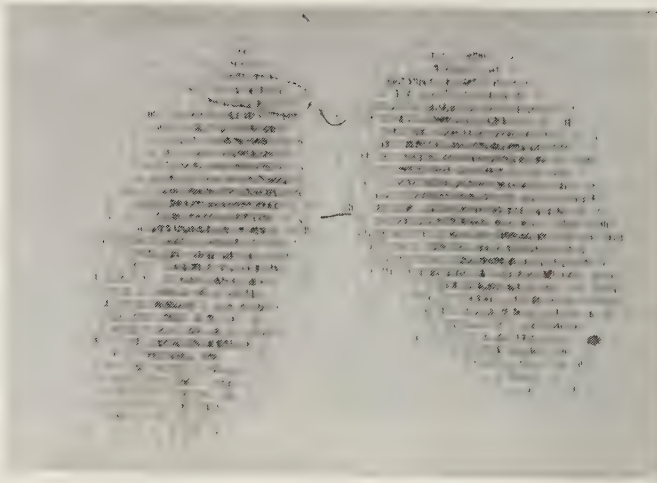


Abbildung 12 b: Im entsprechenden Szintigramm deutliche
Fixationsminderung im Bereich des rechten Unterlappens.

IRV = rechts : links = 48,8 : 51,15 = 0,945

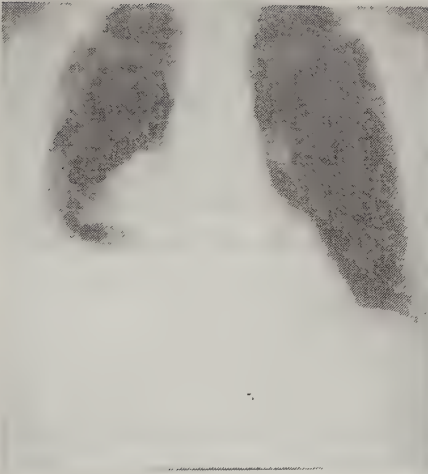


Abbildung 12 d:

Nach zehn Tagen hat sich die Atelektase im Unterlappen gelöst, eine neue hat sich im Mittellappen gebildet.

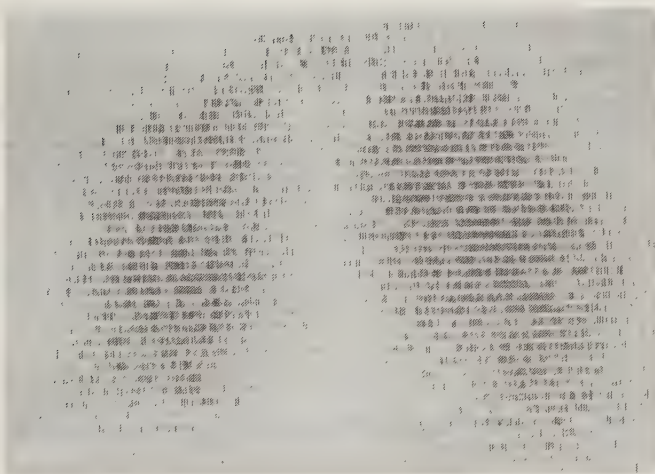


Abbildung 12 e: Das entsprechende Szintigramm zeigt eine Durchblutungsminde- rung im Mittel- und Oberlappenbereich rechts.

IRV = rechts : links = 39,7 : 60,23 = 0,66.

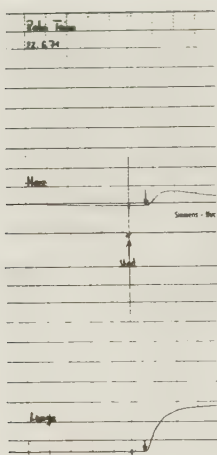


Abbildung 12 c:

Im Cardiopulmonogramm kein Hinweis auf einen intrapulmonalen Gefäßkurzschluß.

Das dazugehörige Szintigramm zeigte eine deutliche Fixationsminderung im Mittel- und Oberlappenbereich rechts (Abbildung 12 e).

Die Werte der Blutgasanalyse hatten sich verschlechtert:
 $p\text{CO}_2 = 45 \text{ mmHg}$, $p\text{O}_2 = 64 \text{ mmHg}$, $\text{CO}_2 = 30,85 \text{ mval/l}$.

Informativer ist die Impulsratenverteilung

$\text{IRV} = \text{rechts} : \text{links} = 39,7 : 60,23 = 0,66$.

Dies entspricht einer deutlichen Verschiebung der Durchblutung auf die linke Lungen Seite.

Da sich die Sauerstoffsättigung des Blutes kaum geändert hat, ist anzunehmen, daß die linke Lunge die Minderperfusion der rechten Lunge kompensiert.

IV. Diskussion

Postoperative Atelektasen als pulmonale Komplikation werden in der Literatur häufig beschrieben. SAADY (1974) weist mit blutgasanalytischen Methoden Ventilationsminderungen nach fast allen Thorax- und Oberbaucheingriffen nach. Auch SHIBUTHANI (1968) beschrieb den signifikanten Zusammenhang zwischen postoperativer Hypoxämie und operativen Baucheingriffen. Sein besonderes Interesse galt blutgasanalytisch nachgewiesenen, frühzeitig nach Operationen auftretenden intrapulmonalen Shunts, verknüpft mit gleichzeitig hörbaren Rasselgeräuschen, die sich erst Tage später röntgenologisch als Atelektasen nachweisen lassen. Interessanterweise erwähnte er ein ausgesprochen seltenes Auftreten von Atelektasen bei Kindern.

In der Literatur seit 1960 gibt es keine Untersuchungen, die sich speziell dem szintigraphischen Nachweis von postoperativen Lungenatelektasen widmen.

Zahlreiche Verfasser (DOERING 1967, FEINE 1966, HENNIG 1967, MELDOLESI 1965, SIENIEWICZ 1967) beschreiben unter anderem auch Lungenatelektasen als szintigraphische Fixationsausfälle, ohne sich weiter damit zu befassen.

Alle sind sich darüber einig, daß die Szintigraphie gegenüber der Röntgenthoraxaufnahme den Vorteil besitzt, "okkulte" Ventilationsstörungen besser und frühzeitiger zu erfassen. SIENIEWICZ (1967) betont allerdings, daß kleine Befunde schwer darstellbar sind. Wir können anhand unserer eigenen Erfahrungen dies nur bestätigen. Dies gilt besonders bei der Beurteilung basaler Prozesse, die nach HENNIG (1967) durch die typischen Randunschärfen des Szintigramms verschleiert werden. Gerade nach Oberbauchoperationen sind aber basale Plattenatelektasen am häufigsten.

DOERR (1967) betont, daß bei der Beurteilung eines Szintigramms nur dann ein direkter Vergleich mit dem Röntgenbild zulässig sei, wenn bei der Anfertigung beider gleiche Bedingungen bestanden haben.

Röntgenaufnahmen des Thorax werden üblicherweise im Stehen angefertigt, da in dieser Stellung die Lungen am besten entfaltet sind. Ein Routineszintigramm wird jedoch stets im Liegen aufgezeichnet, da in dieser Lage die Durchblutung besser verteilt ist. Außerdem kann eine solche Position dem Patienten eher zugemutet werden.

Weitere Nachteile des Szintigramms gegenüber dem Röntgenbild sieht FEINE (1969) in dem geringeren Auflösungsvermögen der Bleioptik und DOERING (1967) in der längeren Anfertigungszeit, während der der Patient atmet und so Randunschärfen hervorruft. Nach FEINE (1967) und POE (1967) wirken sich unphysiologische Faktoren wie Adipositas, Zwerchfellhochstand, pulmonale Hypertension und Cardio-

megalie erschwerend auf die Beurteilung der Szintigramme aus. FELIX (1967) betont, daß das Szintigramm allein keine diagnostische Aussagekraft besitzt, da es keine Auskunft über die "Richtung" der Durchblutungsänderung gibt.

Mit der Bestimmung der Impulsratenverteilung versuchten wir, eine verfeinerte, objektive Methode zur Beurteilung des Szintigramms zu finden. FEINE kritisierte bereits 1967 die Aussagekraft dieser Methode, da sie genauso wenig wie das Szintigramm intrapulmonale Gefäßkurzschlüsse erfassen kann. Deshalb zogen wir sie nur für Aussagen über einseitige Veränderungen des Gasaustausches heran.

Zahlreiche Verfasser (DOERING 1966, FEINE 1966, HENNIG 1968, LOCHER 1974, ÖSER 1967, POE 1967) lassen bei der Beschreibung szintigraphischer Ausfälle die Möglichkeit intrapulmonaler Shunts offen. Als einen Beweis für solche Gefäßkurzschlüsse sieht FRANKE (1968) die Mitdarstellung der Leber bei einem Lungenszintigramm. Nach unserer Meinung geschieht dies lediglich durch bereits abgebaute Makroalbuminpartikel. FEINE bestimmte 1966 blutgasanalytisch nach der Methode von BARTELS das Shuntvolumen bei szintigraphischen Ausfällen und konnte einen deutlichen Zusammenhang feststellen. Drei Jahre später jedoch glaubte er, durch Untersuchungen mittels Aufzeichnung eines Cardiopulmonogramms Beweise für einen Drosselungsmechanismus bei Ventilationsstörungen zu haben.

Auch FELIX bediente sich 1967 dieser Methode und konnte bei deutlichen szintigraphischen Ausfällen keine Shunts nachweisen. Er räumt allerdings ein, daß seine untersuchten Befunde zu klein gewesen seien, um den Nachweis sicher führen zu können. Auch wir glauben, daß diese Methode für die Beurteilung kleiner Atelektasen zu grob ist, um Shunts sicher ausschließen zu können. 1971 konnte FELIX jedoch computerszintigraphisch nachweisen, daß durch künstlich hervorgerufene Minderbeatmung einer Lunge auch die Durchblutung gedrosselt wird. Demgegenüber konnte JOSEPH (1967) mit dem Cardiopulmonogramm bei postoperativ angefertigten Szintigrammen mit Ausfällen deutlich intrapulmonale Kurzschlüsse nachweisen. Auch wir erhielten mit unserer Methode der Auszählung eines Kopfszintigramms einen Hinweis für intrapulmonale Shunts bei Lungenatelektasen.

V. Zusammenfassung

Es wurden sechszwanzig Patienten der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen untersucht, bei denen röntgenologisch eine Lungenatelektase nachgewiesen worden war.

Eigene Methoden zum verbesserten szintigraphischen Nachweis von postoperativen Lungenatelektasen und deren Gefäßmechanismus wurden angewandt:

Bei allen Patienten wurde ein Lungenszintigramm mit ¹³¹Jod-Albuminpartikel geschrieben. Berücksichtigt wurde neben dem Thoraxröntgenbild die Anamnese, die klinische Untersuchung und die Blutgasanalyse. Mittels eines selbstkonstruierten Schaltsystems, das aus einer Kontaktfolie und einem Schleifkontakt bestand, konnten wir die von der rechten und linken Lungenseite ausgehenden Impulse getrennt auszählen. Den elektronischen Ausgang des Szintigrammschreibers hatten wir an einen Digitalzähler mit Drucker gekoppelt. Mit Hilfe dieser Konstruktion waren wir in der Lage, die Impulsratenverteilung zu bestimmen. Diese zeigt an, um welchen Wert die Durchblutung beider Lungenseiten von der Normaldurchblutung verschoben ist.

Es zeigte sich, daß diese Impulsratenverteilung ein viel genauerer Indikator für gestörte Durchblutung der Lunge darstellt, als es das rein optisch beurteilbare Szintigramm sein kann.

Um den bei Atelektasen zugrundeliegenden Gefäßmechanismus aufzudecken, versuchten wir, unter der Annahme, daß es bei Atelektasen zu einem intrapulmonalen Gefäßkurzschluß kommt, diesen nachzuweisen.

Dazu bedienten wir uns dreier verschiedener Methoden.

1. Zum Nachweis der Partikel, die in der Lunge kurzgeschlossen worden waren, zählten wir mit einem Digitalzähler die Impulse aus, die von den Teilchen ausgingen, die schließlich im Kapillargebiet des Gehirns herausgefiltert worden waren. Dies geschah durch Auszählung eines Kopfszintigramms, das unmittelbar vor dem Lungenszintigramm geschrieben wurde. Die Impulse der Lunge und diejenigen des Kopfes wurden in Prozent der Gesamtimpulse ausgedrückt. Kontrolluntersuchungen zeigten nach Auflösung der Atelektase einen deutlichen Rückgang der extrapulmonalen Aktivität.
2. Mit einem Zweikanalschreiber mit zwei getrennten Meßköpfen zeichneten wir den Einstrom der radioaktiven Partikel in das Herz und in die Lunge nach Injektion auf. Bei einer Umleitung der Partikel um atelektatisches Lungengewebe hätten diese Teilchen bei ihrem Rückstrom in das Herz in der entsprechenden Kurve einen zweiten Gipfel bewirken müssen. Einen solchen konnten wir in keinem Fall vermerken.

3. Mit einer dritten Methode versuchten wir durch Aufstellung eines Quotienten Q eine Relation zwischen der extrapulmonalen Aktivität, als Maß für den in der Lunge geschunteten Partikelanteil, und der Abweichung vom Normwert der Impulsratenverteilung herzustellen.

Durch Auszählung der Impulse pro Minute, die von der die Partikel vor Injektion beinhaltenden Spritze ausgingen, und Auszählung der Impulse, die nach Injektion pro Minute über dem Kopf gemessen werden konnten, gewannen wir den Spritzen-Kopf-Quotient Q. Es wäre zu erwarten gewesen, daß dieser umgekehrt proportional zur Abweichung der Impulsratenverteilung vom Normwert sei. Dies war den Ergebnissen nicht zu entnehmen.

Insgesamt zeigte sich, daß nur der Vergleich der Impulsraten aus Kopfszintigramm und Lungenszintigramm einen Hinweis auf intrapulmonale Gefäßkurzschlüsse bei Lungenatelektasen ergab.

VI. Literaturverzeichnis

- 1 Bogardus, C.R. : Elimination of Magnification
Walters, M.G. Errors in Comparison
Prather, C.E. Roentgenograms Used With
Ficken, V. Radiosiotopes.
Scans.Amer.J.Roentgenol.
101 , 585-588 (1967)
- 2 Doering, P. : Der Nachweis von Lungenembo-
Lorenz, B. lien mit ¹³¹Jod-Albumin-Partikel.
Dtsch.med.Wschr.
92 , 239-244 (1966)
- 3 Doerr, F. : Zur Beurteilung der Lungendurch-
Wolf, R. blutung mit Hilfe der Lungen-
Brock, R. szintigraphie.
Stork, U. Fortschr.Röntgenstr.
106 , 34-42 (1967)
- 4 Feine, U. : Das Lungenszintigramm als Er-
Assmann, H. gänzung des Lungenröntgenbil-
Hilpert, P. des.
Fortschr.Röntgenstr.
105 , 458-471 (1966)
- 5 Feine, U. : Das Lungenperfusionsszinti-
Hayduk, K. gramm.
Gerhardt, P. Med.Welt
Hoffmann, K. 1 , 9-13 (1969)
- 6 Feine, U. : Das Lungenperfusionsszintigramm.
Dtsch.med.Wschr.
93 , 1108-1110 (1968)

- 7 Felix, R. : Vergleichende Wertung des
Thurn, P. Informationsgehaltes von
Düx, A. Pulmonalisangiogramm, Lun-
Winkler, C. genzintigramm und Blutgas-
Geisler, P. analyse.
Boldt, C. Fortschr.Röntgenstr.
Akthar, M. 107 , 585-599 (1967)
- 8 Felix, R. : Synoptische Betrachtungen
Schwabe, H.U. radiologischer Untersuchungs-
Winkler, C. methoden bei der Erforschung
Behrenbeck, D.W. der Regelung der Lungendurch-
Havers, L. blutung.
Öffentl.Gesundheitswesen
33 , 468-476 (1971)
- 9 Franke, W.G. : Die Lungenzintigraphie, ei-
Hennig, K. ne neue diagnostische Metho-
Woller, P. de bei Lungenerkrankungen.
Med.Welt
8 , 1855-1861 (1968)
- 10 Giebel, O. : Die Anwendung künstlicher
Horatz, K. Totraumvergrößerer zur Be-
handlung von Atelektasen.
Bruns.Beitr.Klin.Chir.
214 , 375-381 (1967)
- 11 Graul, E.H. : Bildkompendium Nuklearmedi-
Kuni, H. zin
Joseph, K. Verlag Hoechst Köln 1970

- 12 Heine, F. : Über die Entstehungsweise
der Plattenatelektasen.
Beitr.klin.Erforsch.Tuberk.
133 , 57-74 (1966)
- 13 Hennig, K. : Erfahrungen bei der Lungen-
Woller, P. szintigraphie
Franke, W.G. Röfo.
107 , 600 - 609 (1967)
- 14 Hennig, K. : Lungenszintigraphie mit
Woller, P. markierten Albumin-Makro-
Franke, W.G. aggregaten.
Strahlentherapie
132 , 529-537 (1967)
- 15 Hennig, K. : Die Lungenszintigraphie
Woller, P. als Ergänzung der Röntgen-
Franke, W.G. untersuchung, Grundlagen
und klinische Bedeutung.
Dtsch.Gesundheitswesen
23 , 979-985 (1968)
- 16 Hüfer, R. : Diagnostische Möglichkeiten
Ogris, E. mit makroaggregiertem radio-
aktiv markierten Albumin.
Radiol.Austr.
XVIII , 65-72 (1968)
- 17 Hertz, C.W. : Untersuchungen über den Ein-
fluß der alveolären Gas-
drucke auf die intrapulmo-
nale Durchblutungsverteilung
beim Menschen.
Klin.Wschr.
34 , 472-477 (1956)

- 18 Illig, L. : Die terminale Strombahn.
Springer-Verlag Köln
262-278 (1961)
- 19 Joseph, K. : Angioszintigraphischer Nach-
Lang, W. weis arterio-venöser Shunt-
Herrmann, E. bildungen der Hirngefäße.
Graul, E.E. Atompraxis
10 , Direct Information (1967)
- 20 Kazem, I. : The Cardiopulmonogram, A Tracer
Germon, P.A. Technique To Evaluate Intra-
Lessing, H. pulmonary Shunting.
Croll, M.N. Br.J.Radiol.
Brady, L.W. 42 , 662-666 (1969)
- 21 Krüger, J. : Die Lungenszintigraphie.
Ernst, H. Zum Deutschen Röntgenkongreß
Baden-Baden 1967
Hoechst-Verlag Köln 1967
- 22 Locher, J.T. : Inhalations- und Perfusions-
szintigraphie der Lungen.
Med.Welt.
25 , 1449-1457 (1974)
- 23 Lofferer, O. : Untersuchungen zur Extremität-
Mostbeck, A. tendurchblutung mit besonderer
Partsch, H. Berücksichtigung arterio-
venöser Kurzschlüsse.
Rad.Biol.Ther.
10 , 283-286 (1969)

- 24 Meldolesi, U. : Pulmonary Regional
Martinenghi, C. Blood Flow As Evaluated By
Tarolo, G.L. Means Of ^{131}I Tagged Macro-
aggregated Albumin.
Radiol.Med.
51 , 196-207 (1965)
- 25 Öser, H. : Das normale und das von der
Ernst, H. Norm abweichende Lungenszin-
Krüger, J. tigramm.
Fortschr.Rö.
106 , 549-554 (1967)
- 26 Petrany, G. : Experimentelle Beweise Über
den Entstehungsmechanismus
der funktionellen Atelektase
bei Bronchialstreß.
Zeitschr.Tuberk.
125 , 65-70 (1966)
- 27 Poe, N.D. : The Estimation Of Regional
Greenberg, A. Pulmonary Function By Lung
Taplin, G.V. Scanning.
Amer.Rev.Resp.Disease
97 , 382-391 (1967)
- 28 Poe, N.D. : Physiological Factors
Swanson, A. Affekting Lung Scan Inter-
Taplin, G.V. pretations.
Radiology
89 , 661-666 (1967)

- 29 Schinz, H.R. : Lehrbuch der Röntgen-
diagnostik
Georg Thieme-Verlag Stuttgart
Band III , 2095 - 2105 (1952)
- 30 Shibutani, K. : Correlation Between Hypoxemia
Hyun, B.S. And Physical And Radiologic
Mahboubi, R. Examination In Atelektasis.
Lubetski, H. NY-State Journ.Med.
Bishop, H.F. 68 , 1046 -1054 (1968)
- 31 Saady, A. : Pulmonary Consequences Of
Upper Abdominal Surgery -
Therapeutic Considerations.
Anaest.Intens.Care
2 , 221-225 (1974)
- 32 Sieniewicz, D.J. : Correlative Assessment Of
Rosenthall, L. The Macroalbumin Lung Scan
Herba, M.J. With The Clinical And Roent-
Burgess, J.H. genographic Chest Findings.
Amer.J.Roentgenol.
100 , 822-834 (1967)
- 33 Tala, P. Pulmonary Atelektasis Following
Salomen, I.S. Thoracic And Abdominal Opera-
Silvola, H. tions.
Ann.Chir.Gynaec.Fenn.
56 , 40-44 (1967)
- 34 Tahir, H. : Effects Of Abdominal Surgery
George, R.B. Upon Diaphragmatic Function
Weill, H. And Regional Ventilation.
Adriani, J. Int.Surg.
58, 337-340 (1973)

VII. Lebenslauf

Am 11. Februar 1947 wurde ich als erstes von zwei Kindern des Kaufmanns Hans Muth und seiner Ehefrau Renate, geborene Eichl, in Nürnberg geboren. Von 1953 bis 1957 besuchte ich die Grundschule. 1957 wechselte ich in das Martin-Behaim-Gymnasium in Nürnberg Über, wo ich 1967 das mathematisch-naturwissenschaftliche Abitur ablegte. Im Wintersemester 1967 ließ ich mich an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg immatrikulieren. Im Sommer 1969 bestand ich das Physikum und im Frühjahr 1973 das Staatsexamen. Je ein halbes Jahr verbrachte ich an der Medizinischen und Chirurgischen Klinik des Theresienkrankenhauses in Nürnberg meine Medizinalassistentenzeit. Vom November 1974 bis Ende März 1976 arbeitete ich als approbierter Assistenzarzt an der dortigen Chirurgischen Klinik. Anschließend wechselte ich aus Gründen der Fortbildung an die II. Chirurgische Klinik der Städtischen Krankenanstalten Nürnberg Über, wo ich meine chirurgische Fachausbildung fortsetze.

Erlangen, im Dezember 1976

Heinz Hilmar M u t h

Copy-Center 2000

852 ERLANGEN · Obere Karlstr. 30
Tel. 09131-26197